

# Aplikasi Non-Dispersif Infrared Sensor untuk Mengukur Konsentrasi Alkohol

Faraha Pambayun, Muhammad Rivai, dan Fajar Budiman

Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

*e-mail:* muhammad\_rivai@ee.its.ac.id

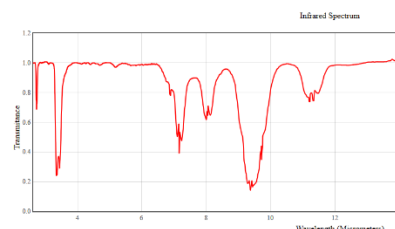
**Abstrak**— Pengukuran konsentrasi alkohol merupakan hal yang sangat penting dalam pencampuran suatu larutan kimia. Pada umumnya, pengukuran konsentrasi alkohol menggunakan metode yang konvensional yang membutuhkan waktu yang cukup lama. Metode *Non-Dispersif Infrared* (NDIR) mampu mengukur konsentrasi alkohol tanpa ada kontak langsung dan membutuhkan waktu uji yang relatif cepat. Pada sistem NDIR, sinar inframerah yang dikeluarkan oleh sumber akan melewati tabung sampel sehingga sinar akan diserap oleh partikel hidrokarbon dari alkohol yang kemudian dibaca oleh sensor inframerah. Pada penelitian ini, sumber inframerah yang digunakan berasal dari kawat nikelin berukuran 19 Gauge yang dipanaskan pada suhu 60°C dengan kontrol PID. Sinar inframerah yang terserap akan diterima oleh thermopile yang kemudian dikonversikan menjadi tegangan. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa nilai penyerapan alkohol berbanding lurus terhadap besarnya konsentrasi dimana semakin besar konsentrasi maka semakin tinggi nilai absorbansinya. Nilai absorbansi pada aquades adalah 0 sedangkan nilai absorbansi pada alkohol 20 % berada pada 0.15 dan alkohol 60 % adalah 0.26.

**Kata Kunci**—Sensor inframerah, non-dispersif, alkohol, thermopile, PID

## I. PENDAHULUAN

ALKOHOL merupakan salah satu bahan berbahaya yang dalam kadar tertentu dikonsumsi oleh masyarakat. Dewasa ini sebagian besar alkohol dimanfaatkan sebagai bahan makanan, maupun pencampur minuman. Karena kadar alkohol yang berlebihan dapat menimbulkan bahaya bagi konsumen maka perlu adanya sebuah alat untuk mengukur alkohol secara tepat dan cepat. Misalnya pada bidang analisa untuk mengukur konsentrasi cairan biasanya digunakan proses kimia yang memakan waktu serta perlu untuk menyentuh sampel. Untuk membuat sistem Non-Dispersif Inframerah ini maka digunakan prinsip penyerapan gelombang inframerah untuk mendeteksi konsentrasi alkohol yang berdasarkan hukum Beer-Lambert.

Non-Dispersif Infrared (NDIR) merupakan salah satu dari teknik yang paling sering digunakan untuk mendeteksi larutan dengan optik [1]. NDIR ini dapat dibuat menggunakan komponen yang murah dan sederhana. Prinsip utamanya adalah penyerapan partikel



Gambar 1. Grafik Absorbansi Alkohol

hidrokarbon alkohol pada panjang gelombang tertentu yang dikeluarkan oleh gelombang IR yang dipancarkan kawat nikelin. Gelombang IR ini diterima oleh thermopile yang merubah data IR menjadi bentuk tegangan. Data inilah yang akan dijadikan patokan dari Hukum Beer-Lambert. Data tersebut dikirim oleh mikrokontroler STM32F4 menuju PC untuk dicari rata-rata intensitas tegangan ketika udara bersih dan ketika berisi alkohol. Dari perbedaan itulah dapat diketahui konsentrasi alkohol yang berada pada tabung.

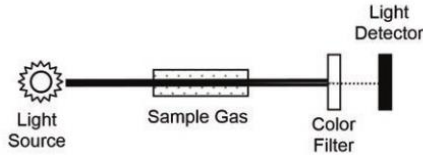
## II. TEORI PENUNJANG

### A. Alkohol

Alkohol adalah kelompok senyawa yang mengandung satu atau lebih gugus fungsi hidroksil(-OH) pada suatu senyawa alkana. Alkohol merupakan salah satu pelarut yang umum digunakan setelah air. Etanol atau biasa disebut etil alkohol adalah salah satu senyawa yang dapat ditemukan pada minuman beralkohol dan obat-obatan serta memiliki rumus kimia  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$  [2]. Etanol termasuk obat psikoaktif, yang berarti zat atau bahan yang bekerja secara selektif terutama pada otak sehingga dapat menimbulkan perubahan perilaku, emosi, persepsi dan kesadaran sistem saraf otak. Ketika bertabrakan dengan sinar inframerah, atom-atom alkohol akan bergetar serta menyerap inframerah tersebut. Grafik absorbansi dari alkohol dapat dilihat pada gambar 1.

### B. Non-Dispersif Inframerah

Non-Dispersif Infrared merupakan sebuah metode spektroskopi yang biasa digunakan untuk mendeteksi gas. Disebut non-dispersif karena metode ini melewati semua panjang gelombang inframerah dengan intensitas



Gambar 2. Ilustrasi NDIR

tertentu melalui tabung sampel tanpa deformasi. NDIR memiliki kelebihan pada desain yang simple dan menggunakan komponen buatan tangan yang murah [3]. Terdapat tiga komponen utama dari non-dispersive infrared sensor yaitu, sumber inframerah, tabung sampel dan pendeteksi inframerah yang dalam hal ini adalah *thermopile*. Ilustrasi dari NDIR dapat dilihat pada gambar 2. Cahaya inframerah di arahkan melalui tabung sampel dan kemudian menuju detektor inframerah.

### C. Hukum Beer-Lambert

Prinsip kerja NDIR berdasarkan hukum *Beer-Lambert* [4], bila cahaya monokromatik melalui suatu media (larutan), maka sebagian cahaya tersebut diserap, sebagian dipantulkan, dan sebagian lagi dipancarkan. Transmittansi adalah perbandingan intensitas cahaya yang ditransmisikan ketika melewati sampel ( $I$ ) dengan intensitas cahaya mula-mula sebelum melewati sampel ( $I_0$ ). Berdasarkan hukum *Beer-Lambert*, rumus yang digunakan untuk menghitung absorbansi dapat dilihat pada persamaan 1 [5].

$$A = {}^{10}\log T = {}^{10}\log \frac{I_0}{I} \quad (1)$$

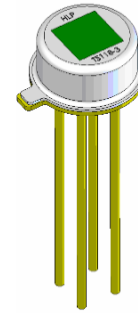
### D. Sumber Inframerah

Sumber Inframerah adalah sebuah benda yang mengeluarkan atau mengemisikan sinar inframerah. Setiap benda yang mengeluarkan panas bisa menjadi sumber inframerah dengan intensitas tertentu. Pada sistem ini digunakan sumber inframerah berbahan dasar nikrom atau nikelin yang dapat dilihat pada gambar 3. Sumber inframerah ini memiliki rentang panjang gelombang inframerah yang besar yaitu antara  $0.7 - 20 \mu\text{m}$ . Kawat ini juga memiliki titik leleh yang tinggi berada di sekitar  $1400^\circ\text{C}$ . Kawat nikelin yang digunakan berukuran 19 gauge dan memiliki panjang 10 cm serta memiliki resistansi  $1.5 \Omega$ .

Sumber ini tidak bisa langsung mengeluarkan logika 1 atau 0 karena seperti kawat pada umumnya panas suatu konduktor menurun secara perlahan. Kawat ini memanfaatkan hukum *Wien's Displacement* yang berbunyi "Panjang gelombang yang membuat intensitas radiasi maksimum untuk suatu benda hitam bergeser ke arah panjang gelombang yang lebih pendek saat suhu benda hitam menjadi lebih panas." Persamaan *Wien's* dapat dilihat pada persamaan 2.



Gambar 3. Kawat Nikrom 19 Gauge



Gambar 4. Bentuk Thermopile

$$\lambda = \frac{b}{T} \quad (2)$$

$b$  : Konstanta Wien's =  $2,90 \times 10^{-3} \text{ m K}$

$\lambda$  : Panjang Gelombang ( $\mu\text{m}$ )

$T$  : Suhu Benda (Kelvin)

### E. Thermopile TS-118

*Thermopile* biasa digunakan untuk pengukuran suhu tanpa sentuh (contactless). Sensor ini memanfaatkan perpindahan panas yang dipancarkan suatu benda, setiap benda yang memiliki panas selalu memancarkan gelombang IR. Gelombang inilah yang ditangkap oleh bahan passive IR di dalam *Thermopile* lalu diubah menjadi tegangan listrik pada orde  $\mu\text{V}$  [6].

Bahan di dalam *thermopile* terdiri dari beberapa thermocouples yang dirangkai seri maupun paralel. *Thermopile* tidak merespon suhu yang absolute, akan tetapi *thermopile* mendeteksi perbedaan temperature sekitar sebanding dengan output tegangan yang dikeluarkan. Sama seperti thermocouple, *thermopile* ini memanfaatkan Efek Seebeck yang merubah sebuah perbedaan panas menjadi tegangan elektrik. Ilustrasi dari bentuk thermopile dapat dilihat pada gambar 4.

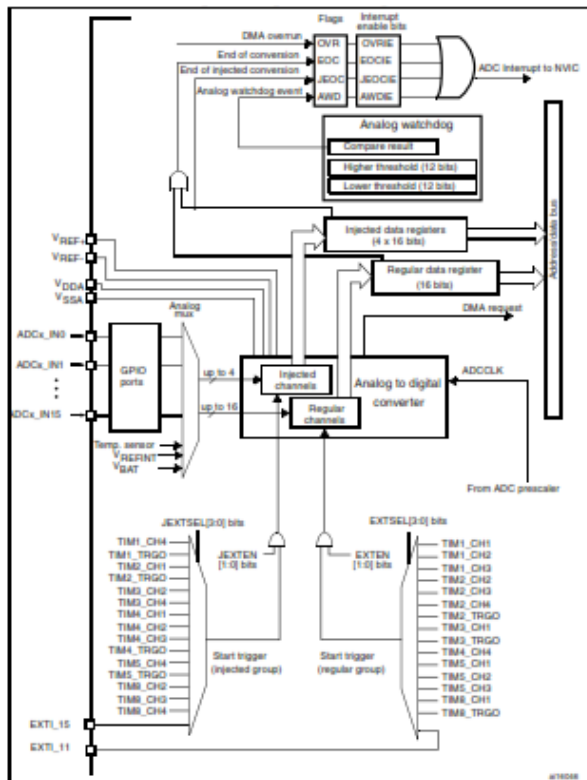
### F. STM32F4-Discovery

STM32F4 merupakan mikrokontroler berbentuk modul yang di dalamnya terdapat prosesor berarsitektur 32-bit ARM Cortex-M4F yang memiliki pengolahan data sangat cepat. Modul ini sudah dilengkapi downloader STM yaitu ST-Link/V2 untuk men-erase maupun men-flash. STM32F4 ini memiliki 1 MB Flash dan 192 Kb RAM pada LQFP 100 paket, serta memiliki dua eksternal power supply 5 dan 3 V. ADC (Analog to Digital Converter) internalnya memiliki 16 kanal sumber tegangan luar, 2

kanal untuk sumber tegangan internal dan 1 kanal  $V_{BAT}$ , ditunjukkan pada gambar 6.



Gambar 5. STM32F4-Discovery

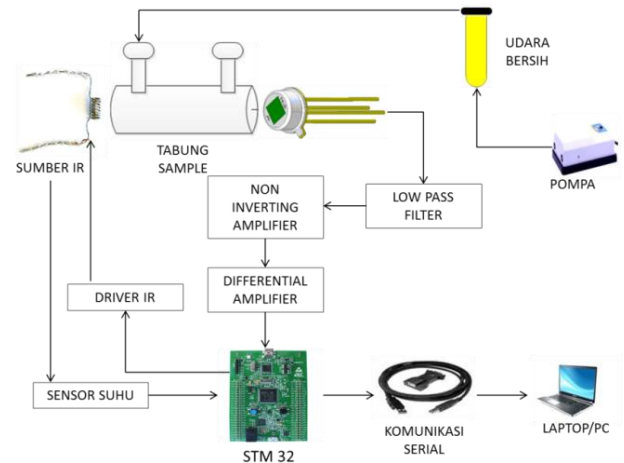


Gambar 6. Block Diagram ADC

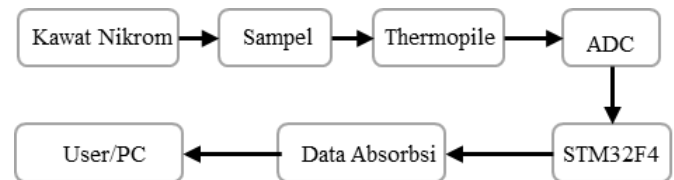
Resolusinya bisa diatur menjadi 12-bit, 10-bit, 8-bit atau 6-bit. Terdapat 2 mode konversi yaitu mode *single* dan mode *continuous*. Dua atau lebih ADC dapat digunakan secara bersamaan karena terdapat Dual/Triple Mode [7].

### III. PERANCANGAN SISTEM

Secara umum sistem terdiri atas perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras dari sistem berupa sensor *thermopile*, blok untuk mengontrol suhu sumber inframerah, *power supply*, sumber inframerah, penguat sinyal serta modul STM32F4. Sedangkan perangkat lunak yang digunakan adalah *software* Coocox sebagai *compiler* STM32F4 dan *software* komputer Diagram blok sistem dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Blok Diagram Kerja Sistem



Gambar 8. Blok Diagram Sistem secara Keseluruhan

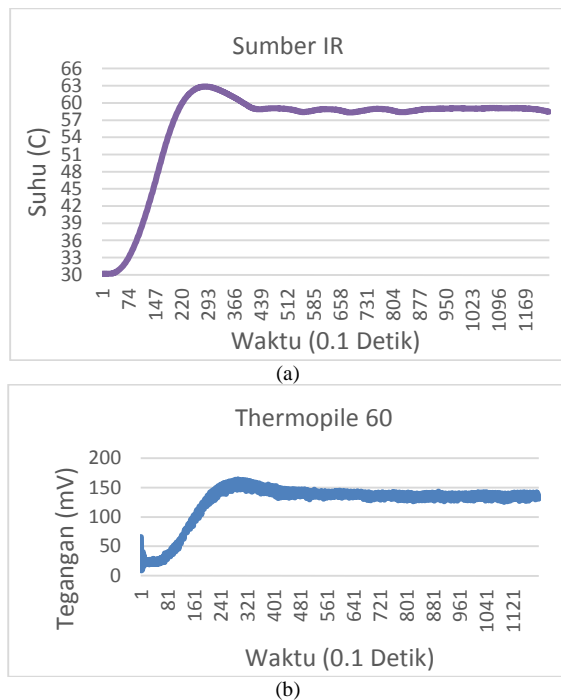
Sistem yang dirancang ini memiliki fungsi untuk mendapatkan nilai absorpsi inframerah terhadap konsentrasi alkohol yang diuji. Cara kerja sistem ini secara keseluruhan adalah sebagai berikut.

1. Kawat nikrom memancarkan gelombang IR beberapa intensitas yang berbeda.
2. IR melewati tabung sampel menuju *thermopile*
3. *Thermopile* yang memiliki filter optik akan menyaring gelombang IR antara 8-14  $\mu\text{m}$ , intensitas IR akan diubah menjadi tegangan dan dibaca oleh ADC pada mikrokontroler
4. STM32F4 akan mengolah data ADC dan mengirimkan data ke komputer.
5. Data Io dan I akan diolah sehingga diketahui konsentrasi alkohol.

Pada perancangan perangkat lunak sistem NDIR terdiri dari akuisisi data tegangan sensor dan pengiriman data tegangan sensor ke PC untuk diolah. Akuisisi data pada penelitian ini menggunakan dua kanal ADC STM32F4 12-bit, yang berfungsi untuk mengakuisisi data sensor LM35 dan sensor *thermopile*. Hasil perancangan sistem perangkat keras dari penelitian ini dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 10. Non-Dispersif Infrared



Gambar 11. (a) Grafik Kawat suhu 60°C, (b) Grafik tegangan Thermopile

#### IV. HASIL PENGUJIAN

Pengujian ini bertujuan untuk menganalisa perubahan keluaran *thermopile* terhadap suhu kawat yang mengeluarkan gelombang inframerah. Pada gambar 11 dapat dilihat pengujian *thermopile* ketika sumber inframerah bersuhu 60 °C. Untuk perubahan *thermopile* berdasarkan suhu sumber inframerah dapat dilihat pada tabel 1.

##### A. Pengujian Keluaran Thermopile

Rata-rata yang didapatkan dari suhu 60°C sumber inframerah adalah tegangan *thermopile* 138,47 mV. Pada gambar 11.a dan 11.b tersebut memiliki pola yang sama. Keluaran tegangan *thermopile* akan berbeda tergantung dari suhu dari sumber inframerah. Semakin tinggi suhu

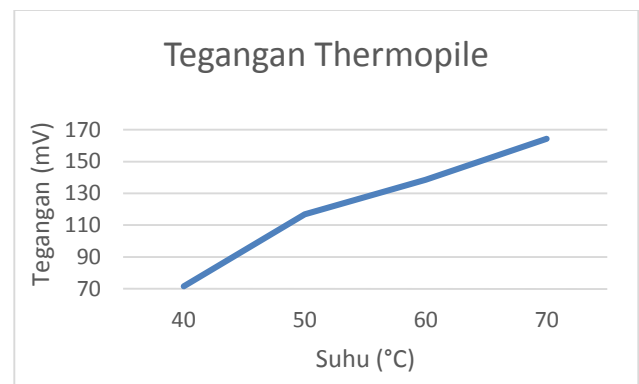
yang dikeluarkan maka akan semakin tinggi pula tegangan yang dihasilkan sensor. Jarak pengujian dari sumber inframerah dengan sensor adalah 3.5 cm dan terdapat tabung sampel di antara keduanya. Terjadi noise pada keluaran *thermopile* sebesar 23 Hz yang menyebabkan nilai keluaran *thermopile* berubah sebesar  $\pm 10$  mV.

##### B. Pengujian Data Sampel Alkohol

Pengujian ini dilakukan untuk membandingkan antara keluaran *thermopile* ketika di isi oleh udara bersih dengan gas alkohol konsentrasi berbeda. Pengujian ini juga berfungsi untuk mencari nilai linearitas dari absorpsi sumber inframerah ditunjukkan tabel 2

Tabel 1 Suhu Sumber IR VS Tegangan Thermopile

| Suhu Sumber IR(°C) | Tegangan Thermopile(mV) |
|--------------------|-------------------------|
| 40                 | 71.506                  |
| 50                 | 116.84                  |
| 60                 | 138.47                  |
| 70                 | 164.32                  |

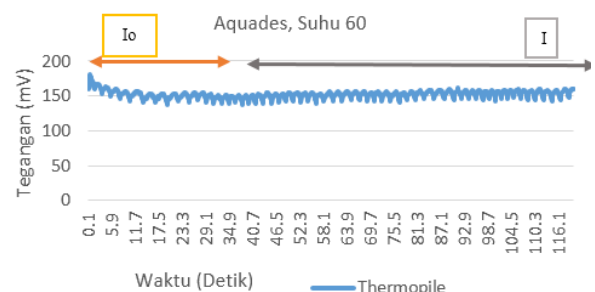


Gambar 12. Tegangan Thermopile VS Suhu Sumber IR

Tabel 2 Pengujian Sistem NDIR pada Suhu 60 °C

| Sampel  | Io (mV)  | I(mV)    | T        | A        |
|---------|----------|----------|----------|----------|
| Aquades | 150.4288 | 152.5135 | 0.986    | -0.00598 |
| 20%     | 207.2493 | 202.6017 | 1.02294  | 0.00985  |
| 60%     | 138.092  | 131.6686 | 1.048785 | 0.030686 |

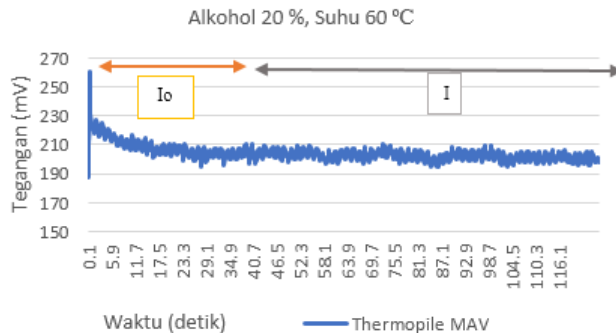
##### 1) Thermopile pada suhu 60 °C dengan Aquades



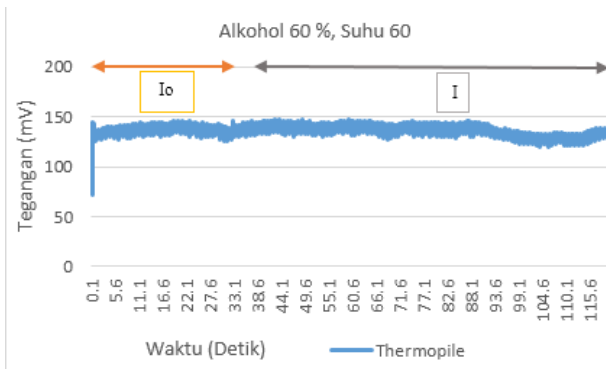


Gambar 15. Bentuk Tegangan *Thermopile* saat tabung berisi aquades

- 2) *Thermopile* pada suhu 60 °C dengan Alkohol 20%

Gambar 16. Bentuk Tegangan *Thermopile* saat tabung berisi alkohol 20%

- 3) *Thermopile* pada suhu 60 °C dengan Alkohol 60%

Gambar 17. Bentuk Tegangan *Thermopile* saat tabung berisi alkohol 60%

### C. Absorbansi *Thermopile*

Pada penelitian ini pengujian alkohol untuk mencari linearitas yang digunakan adalah aquades, alkohol 20 % dan 60% untuk mencari nilai regresi dari penyerapan *thermopile*. Hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 15, 16 dan 17. Dari nilai regresi tabel 3 diperoleh *error* dari pengujian terhadap 7 sampel, antara lain aquades, alkohol 10 %, 20 %, 30%, 40%, 50 % dan 60%. Masing-masing sampel dilakukan percobaan sebanyak lima kali dengan waktu pembersihan tabung selama 15 menit

Tabel 3 Pengujian *Error* Sistem NDIR

| Sampel | Nilai Terbaca(%) | [Error] (%) |
|--------|------------------|-------------|
| 0%     | -4.4453          | 4.4453      |
| 10 %   | 16.8257          | 6.8257      |
| 20 %   | 28.3533          | 8.3533      |
| 30 %   | 32.922           | 2.9223      |
| 40 %   | 55.8296          | 15.8296     |
| 50 %   | 61.8585          | 11.8585     |
| 60 %   | 89.9268          | 29.9268     |

. *Error* yang terjadi pada saat tabung dimasukkan sampel aquades dan alkohol 10-30% terlihat *error* yang kecil dibawah 10 %. Sedangkan pada alkohol 40%-60% terjadi *error* yang lebih besar

## V. KESIMPULAN

Pada penelitian ini telah dibangun sebuah sistem Non-Dispersive Infrared yang mengukur konsentrasi alkohol dengan melihat perubahan keluaran *thermopile* serta menggunakan mikrokontroler STM32F4-Discovery Pada pengukuran *thermopile* terhadap cahaya inframerah kawat nikelin, memiliki kecenderungan yang signifikan terhadap uap alkohol. Semakin besar konsentrasi alkohol maka semakin besar nilai absorbansi. Untuk menghasilkan intensitas inframerah yang konstan digunakan kontroler PID dengan Konstanta Kp, Ki, dan Kd adalah 60, 0.01 dan 0.5. *Error* dari sistem NDIR ini ketika diuji menggunakan sampel aquades dan alkohol konsentrasi 10-30% adalah 10%,

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. jane, S. Richard, O.H Wah, R.S John, "Non-Dispersive Infrared (NDIR) measurement of Carbon Dioxide at 4.2um in a compact and optically efficient sensor", Journal Science Direct Sensor and Actuator B : Chemical, 2013
- [2] Organic chemistry IUPAC nomenclature. Alcohols Rule C-201.
- [3] Crawley, Louise Helen, "Application of Non-Dispersive Infrared(NDIR) Spectroscopy to the Measurement of Atmospheric Trace Gases", Thesis Master of Science in Environmental Science, University of Canterbury, Christchurch, New Zealand
- [4] Beran, J.A., 1996, "Chemistry in The Laboratory 2nd Edition", Malawi, Halsted Press.
- [5] Fajar Budiman, "Rancang Bangun Sistem Pendeteksi Jenis Cairan Menggunakan Sensor Fotodioda dan Pyroelectric Infrared", Tugas Akhir S1 Teknik Elektro ITS Surabaya, 2010.
- [6] Thermopile Sensor TS-118, www.yc-dz.com
- [7] Data Brief STM34F4, www.st.com